§ 4.

Temperatur der Sonne.

Nach den im Vorausgehenden in kurzen Strichen gezeichneten Ergebnissen der beobachtenden Forschung ist es nicht mehr fraglich in welchem Zustande sich der Centralkörper unseres Systems, dem nicht bloss die Führung unseres Planeten zugefallen ist, sondern der auch als die bewegende Ursache des ganzen Lebens auf dessen Oberfläche gilt, zur Zeit befinden müsse. Schon als Consequenz der Nebulartheorie, welche durch die Thatsachen und Forschungsresultate als bestätigt erscheint, muss die Sonne in Feuerglut sich befinden, und nach den uns bekannten Vorgängen an der Oberfläche dieses riesigen Feuerballes muss der Aggregatzustand desselben zwischen dem flüssigen Feuerbrei und der Gasform liegen, wobei allerdings nicht ausgeschlossen ist, dass die Partien im Innern des Sonnenkörpers wegen des ausserordentlichen Druckes sich der festen Form nähern.

Unter diesen Umständen gehen denn auch die Angaben über die Temperatur, die an der Sonnenoberfläche herrscht, weit auseinander. Zöllner schätzt die Temperatur der Sonne auf ungefähr 30000°. Secchi kommt zu dem Schlusse, dass eine Temperatur von 5 Millionen Grad als Minimum auf der Sonnenoberfläche angenommen werden müsse. Es ist also nur das gewiss, dass auf der Sonne Hitzgrade herrschen, die unsere Begriffe von Wärme weit übersteigen, dass aber die Höhe derselben noch nicht angegeben werden kann.

---

3. Abschnitt.

Die Planeten.

§ 1.

Kepler's Gesetze. Die Entfernungen der Planeten von der Sonne.

Um diesen gewaltigen Feuerball der Sonne bewegen sich als um den Centralkörper des Systems die Planeten. Die Sonne übertrifft alle Planeten des Systems zusammen ungefähr 600 mal an Raumesinhalt und 700 mal an Masse, wesshalb ihr wegen der mächtigen Gravitation die Herrschaft über das ganze System zukommt. Kopernikus hielt die Planetenbahnen für Kreislinien, ohne besondere begründende Beweise dafür beibringen zu können. Erst Keppler (geb. zu Magstadt in Württemberg gest. 1630 zu Regensburg) hat durch seine bekannten Gesetze dem Kopernikanischen System eine mathematisch sichere Unterlage gegeben. Diese drei Gesetze sind:

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

1) Die Planetenbahnen sind Ellipsen, in deren einem Brennpunkte sich die Sonne befindet;

2) Die Radienvectoren von der Sonne nach den Planeten gezogen beschreiben in gleichen Zeiten gleiche Flächen;

3) Die Quadrate der Umlaufzeiten zweier Planeten verhalten sich wie die dritten Potenzen ihrer Entfernungen von der Sonne.

Schon Kepler sprach die Ansicht aus, dass diese drei Gesetze drei verschiedene Aeusserungen der nämlichen Kraft seien; aber gefunden hat er diese Kraft nicht; diese wurde erst von Newton (gest. 1727) in seiner Gravitationslehre erkannt, wo der grosse Mathematiker nachgewiesen, dass jeder Körper den andern im Verhältnisse der Masse anzieht, dass aber die Anziehung abnimmt, wie die Quadrate der Entfernungen zunehmen

Hiebei ergeben sich folgende Thatsachen: 1) Die Planeten umkreisen die Sonne beinahe in einer Ebene nämlich in der Aequatorialebene derselben; 2) sowohl die Rotation als die Revolution der Planeten findet nach der gleichen Seite nämlich von West nach Ost statt, in welcher Richtung auch die Rotation der Sonne vor sich geht; 3) jeder Planet ist von dem nächstfolgenden beinahe doppelt so weit entfernt als von dem voraus gehenden, was darauf hindeutet, dass einstens die Ausscheidungen am Aequator des feuerflüssigen Sonnenkörpers in ziemlich regelmässigen Perioden erfolgt sind.

Titius untersuchte die Entfernungen der Planeten von der Sonne und stellte i. J. 1772 eine bemerkenswerte Reihe auf, welche die Abstände in Millionen angibt. Bode prüfte 1782 diese Reihe nochmal und fand sie bis auf unbedeutende Abweichungen, die übrigens das Resultat im Ganzen nicht zu ändern im Stande sind, richtig.

1) Merkur	$8 + 6.0$	$=$ 8,	zu gross um $^1/_{33}$
2) Venus	$8 + 6.2^0$	$=$ 14,	zu klein um $^1/_{33}$
3) Erde	$8 + 6.2^1$	$=$ 20,	zu klein um $^1/_{40}$
4) Mars	$8 + 6.2^2$	$=$ 32,	zu gross um $^1/_{64}$
5) Asteroiden	$8 + 6.2^3$	$=$ 56,	
6) Jupiter	$8 + 6.2^4$	$=$ 104,	zu klein um $^1/_{1700}$
7) Saturn	$8 + 6.2^5$	$=$ 200,	zu gross um $^1/_{25}$
8) Uranus	$8 + 6\,2^6$	$=$ 392,	zu klein um $^1/_{100}$
9) Neptun	$8 + 6\,2^7$	$=$ 776,	zu gross um $^1/_5$

Vor der Entdeckung der Asteroiden fehlte das fünfte Glied der Reihe. Schon Kepler beobachtete diese Lücke und meinte, es müsse auch an dieser Stelle des Abstandes von der Sonne ein

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

grösserer Planet sich finden. Statt des einen grossen ist eine Menge kleiner Planeten, bis jetzt 230, gefunden worden, welche ohne Zweifel als die Trümmer eines grossen Weltkörpers angesehen werden können, der schon bei seiner Entstehung, als er als Ring aus der Sonne hervorging, in Stücke zerfiel.

§ 2.

Die Planetenbahnen. Perturbationen.

In Bezug auf Bewegung gilt nur ein Gesetz im ganzen Weltall. Dieses Gesetz ist das Gravitationsgesetz, das alle Bewegung hervor gebracht und diese auch erhält. Wenn es nach der Nebulartheorie unzweifelhaft ist, dass die Planeten Ausscheidungen des Sonnenkörpers sind, so musste jeder Planet, wie die Hypothese von Laplace es fordert und Plateau's Versuch es veranschaulicht, diese Rotation und progressive Bewegung haben, die der damaligen Achsendrehung der Sonne entsprach. Weil aber die Tangentialkraft nur einmal also gleichförmig, dagegen die centripetale constant also gleichförmig beschleunigend wirkte, so waren die die Bewegung einleitenden Kräfte ungleich, und nach der Mechanik muss die Bewegung elliptisch werden. Fig. 4.

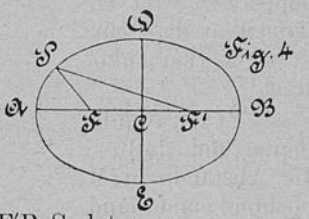


Fig. 4

Die Ellipse ist eine krumme Linie von der Beschaffenheit, dass jeder Punkt der Curve von zwei Punkten F und F′ (Brennpunkt) so absteht, dass die Summe der Zuglinien (Radien-Vektoren) PF + PF′ für jeden Punkt dieselbe ist. C ist das Centrum und CF′ = CF die Excentricität; AB ist die grosse und DE die kleine Achse, die Flächen AFP und AF′P Sektoren.

Steht die Sonne in F und kommt der Planet nach A, so hat er Sonnennähe oder Perihelium; am andern Ende der grossen Achse in B ist der Planet in der Sonnenferne oder im Aphelium.

So genaue Ellipsen sind nun allerdings die Planetenbahnen nicht. Denn nicht bloss die Gravitation der Sonne wirkt auf einen Planeten ein, sondern auch jene der übrigen Planeten sucht ihn von seiner Bahn abzuziehen, wodurch Störungen in den Bahnen veranlasst werden, die allerdings für den einzelnen Fall eine unbedeutende Grösse darstellen (Problem der drei Körper). Würden die Perturbationen immer am nämlichen Punkte der Bahn nach der gleichen Seite hin erfolgen, so müsste allerdings die Summe im Laufe der Jahrtausende so gross werden, dass sie Unordnung im Planetensystem zur Folge hätte. Das ist aber nicht der Fall. Da jeder Planet bald auf der einen bald auf der andern Seite der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Sonne steht, und auch die Gravitation der übrigen Planeten verschieden oder entgegen gesetzt wirkt, so heben sich die auf der einen Seite erlittenen Störungen auf der anderen Seite wieder auf, so dass also diese vorübergehenden Perturbationen auf den Bestand des Planetensystems keinen Einfluss haben.

Seitdem man die Planetenbahnen genau erkannt und beobachtet hat, hat man gefunden, dass nicht bloss die Lage der Bahnen, sondern auch die Form derselben Störungen unterworfen ist. So weiss man, dass die Bahnen von Venus, Erde, Saturn und Uranus zur Zeit der Kreissform sich nähern, dagegen die Bahnen von Merkur, Mars und Jupiter ihre Excentritäten vergrössern. Laplace hat nun alle diese Störungen und die Faktoren derselben einer scharfsinnigen Untersuchung unterstellt, um wo möglich hiefür eine Säculargleichung zu finden. Allein das Resultat der Untersuchung war ein negatives. Laplace und spätere Mathematiker kamen zu folgenden Schlüssen:

1) Die mittlere Entfernung der Planeten von der Sonne hat keine Gleichung, ändert sich also, kleine Störungen abgerechnet, nicht;

2) die Excentricitäten und Neigungen der Bahnen ändern sich, aber nicht immer im gleichen Sinne; sie zeigen vielmehr eine allmählige Zu- und Abnahme innerhalb bestimmter Grenzen.

Daraus ergibt sich der Schluss, dass der Bestand des Planetensystems, was innere Ordnung anlangt, für ewige Dauer gesichert ist, da nirgends ein Keim der Zerstörung sich zeigt. Damit ist freilich nicht gesagt, dass der gegenwärtige Zustand unserer Sonne und der Planeten ewig so bleiben werde, wie wir ihn heute sehen; denn die nivellierenden Gewalten und der Process der Abkühlung setzen ihre Arbeit unentwegt und mit sicherem Erfolge fort.

§ 3.

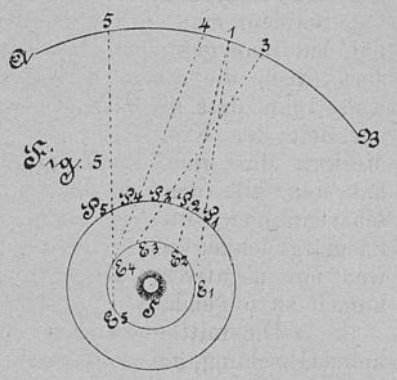
Bewegung der Planeten. Einteilung.

Nimmt man den Mittelpunkt der Sonne als Standort, betrachtet also die Bewegungen der Planeten heliocentrisch, so sieht man dieselben mit grosser Regelmässigkeit von West nach Ost in der Aequatorialebene der Sonne vor sich gehen; wählt man aber als Standort den Mitttelpunkt der Erde, betrachtet also die Planetenläufe geocentrisch, so zeigen sich grosse Unregelmässigkeiten, da die Erde als dritter Planet der Reihe erscheint, also ausserhalb des Centrums der Bewegung sich befindet und selbst auch an dieser Bewegung Teil nimmt. Und gerade diese Unregelmässigkeiten der Planetenläufe waren es, wodurch Kopernikus auf den Gedanken gebracht wurde, dass das Ptolemäische System unmöglich der Wirklichkeit entsprechen könne.

Die Bewegung eines Planeten von West nach Ost heisst direkt

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

oder rechtläufig; scheint sie von Ost nach West zu gehen, so heisst sie retrograd oder rückläufig; scheint ein Planet seine Stellung gegen die Fixsterne längere Zeit nicht zu ändern, so heisst er stationär oder stillstehend. Das kopernikanische System erklärt die Unregelmässigkeiten einfach wie folgt: Fig. 5.



Es sei in S die Sonne; E_1, E_2 u. s. w. fünf Stellungen der Erde in ihrer Bahn und P_1, P_2 u. s. w. fünf Stellungen eines Planeten in seiner Bahn. Die Bewegungen der Erde und des Planeten gehen von rechts nach links. Bogen AB ist ein Stück des Himmelsgewölbes. Wir sehen von E_1 nach P_1, der Planet erscheint uns am Himmel in 1; während sich die Erde nach E_2 bewegt, kommt der Planet nach P_2 und er erscheint uns fortwährend in 1 am Himmel: er ist stationär geblieben. Die Erde kommt bis E_3, der Planet bis P_3; er erscheint uns in 3 oder er ist retrograd geworden. Jst die Erde in E_4 und der Planet in P_4, so erscheint er am Himmel in 4 oder seine Bewegung ist wieder direkt geworden; E_5 sieht P_5 in 5 oder sehr stark rechtläufig u. s. w.

Die Planeten unseres Sonnensystems werden auf zweifache Weise eingeteilt:

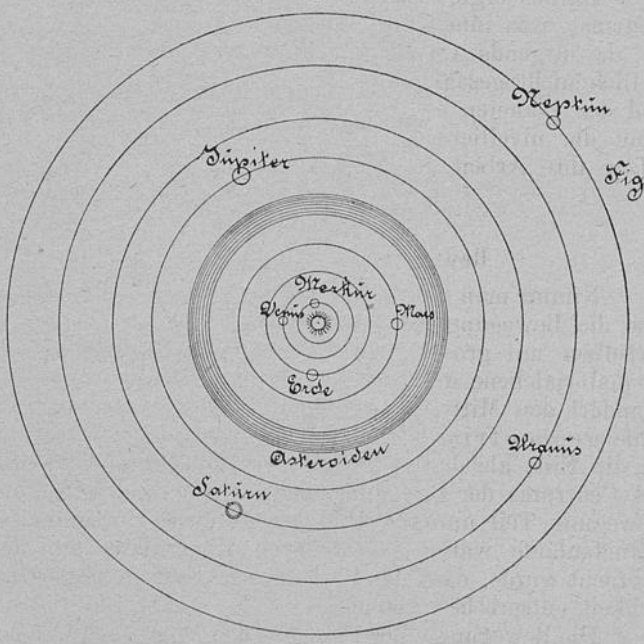


Fig. 6.

a) in Bezug auf ihre Stellung zur Erde:

1) in untere, deren Bahnen sich zwischen der Sonne und der Erdbahn befinden; diese sind Merkur und Venus;

2) in obere, deren Bahnen sich ausserhalb der Erdbahn befinden; diese sind Mars, die Asteroiden, Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

b) in Bezug auf gewisse übereinstimmende Eigenschaften:

1) in innere oder tellurische Planeten, welche eine unbedeutende Grösse, eine ungefähr 24 Stunden dauernde Rotation, dagegen eine sehr rasche progressive Bewegung haben. Auch ist die Achse um mehr als 20° zur Bahn geneigt; Merkur, Erde, Venus, Mars;

2) in mittlere oder neue Planeten, welche Asteroiden oder Planetoiden heissen. Diese Körper sind sämmtlich sehr klein, und ihre Bahnen liegen sehr in einander;

3) in äussere oder uranische Planeten, welche eine sehr bedeutende Grösse, eine ungeheuer rasche Rotation, dagegen eine langsame Revolution haben; sie führen mehrere Trabanten mit und die Achse ist wenig zur Bahn geneigt; Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun.

§ 4.

Merkur.

Dieser Planet ist von den grösseren Planeten unseres Systems der kleinste; denn sein Durchmesser beträgt nur 671 Meilen. Die elliptische Bahn Merkurs hat eine sehr grosse Excentricität (0,2), so dass der Planet im Perihelium sich auf $6^1/_4$ Millionen Meilen der Sonne nähert, im Aphelium sich ungefähr 10 Millionen von ihr entfernt. Der Bogen am Himmel beträgt im Perihelium ungefähr 23°, im Aphelium nicht ganz 29°, so dass Merkur für uns nie ganz aus den Sonnenstrahlen heraustritt. Er ist desshalb mit freiem Auge nur sehr schwer zu erkennen und würde überhaupt nicht wahrgenommen werden, wenn seine Beleuchtung durch die Sonne nicht $6^1/_2$ mal stärker wäre als auf Erden.

Die Masse des Planeten ist nur sehr schwer zu bestimmen; seine Dichtigkeit muss nach den gemachten Beobachtungen und Berechnungen die des Wassers ungefähr 9mal übertreffen also sich der Dichtigkeit des Kupfers nähern.

Wegen der geringen Entfernung von der Sonne wird Merkur sehr kräftig von der Gravitation des Fixsternes getrieben und durchläuft in 1 Sekunde 6,6 Meilen Seine 50 Millionen Meilen lange Bahn legt er in 88 Tagen zurück. Da es sich als wahrscheinlich ergeben, dass die Rotationsachse eine Neigung von 20° zur Bahn-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ebene hat, so muss auf Merkur ein ähnlicher Wechsel der Jahreszeiten wie auf Erden vor sich gehen. Durch Beobachtung der Bewegung einiger an der Oberfläche des Planeten hervortretender Punkte wurde die Dauer einer Rotation zu 24 Stunden 5 Minuten gefunden.

Die Oberfläche des Planeten wurde in stark vergrössernden Fernröhren als sehr uneben erkannt, und Schröter glaubt, daselbst Gebirgszüge von der beinahe dreifachen Höhe des Chimborasso wahrgenommen zu haben. Auch hat man schnell sich bildende Wolkenerscheinungen, die aber bald wieder verschwanden, gesehen. Nach den neuesten Untersuchungen Zöllner's scheint Merkur eine sehr dünne Atmosphäre zu besitzen, was auch Vogel's spektroskopische Beobachtungen bestätigen.

Wenn Merkur zur Zeit der untern Conjunktion in der Nähe des Knotens steht, so sieht man ihn als schwarzen Punkt an der Sonnenscheibe vorüber ziehen, welche Erscheinung Merkurdurchgang heisst. Der Planet ist hiebei rückläufig, zieht also von Ost nach West an der Sonne vorüber und erscheint als ein völlig regelmässiger, scharf begrenzter schwarzer Kreis ohne Spur einer Umhüllung. Solche Durchgänge finden in diesem Jahrhundert noch am 9. Mai 1891 und 10. November 1894 statt.

§ 5.

Venus.

Venus ist der glänzendste und schönste Stern am nächtlichen Himmel. Als unterer Planet tritt er nie in Opposition zur Sonne und entfernt sich höchstens 48° von der Sonne nach Ost oder West, in welchen Stellungen wir ihn abwechselnd als Abend- oder Morgenstern sehen. Die mittlere Entfernung der Venus von der Sonne beträgt etwas über 14 Mill. Meilen, und seine Bahn hat von allen Planetenbahnen die geringste Excentricität (0,0068) nähert sich also beinahe dem Kreise. Die Venus ist nach dem Mond derjenige Himmelskörper, der unserer Erde am nächsten kommt (5 Mill. Meilen in der unteren Conjunction), und da der Stern 3 Stunden vor Aufgang und nach Untergang der Sonne hell leuchtend am Himmel steht, so ist seine Beobachtung weit günstiger als bei Merkur.

Da die Entfernung der Venus zwischen 5 und $34^1/_2$ Mill. Meilen sich ändert, so schwankt auch der scheinbare Durchmesser für uns zwischen 9,5″ und 64″. Der wahre Durchmesser ist auf 1716 Meilen bestimmt. Die Masse der Venus ist ungefähr um $^1/_{23}$ geringer als die der Erde, und da auch die Durchmesser beider Planeten fast gleich sind, so folgt, dass auch die Dichtigkeiten,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Volumina, Oberflächen und die übrigen Grössen der beiden Körper überein stimmen.

Die Venus legt ihre über 94 Mill. Meilen lange Bahn in $224^d\ 16^h\ 41{,}25''$ mit einer Geschwindigkeit von 4,84 Meilen zurück.

Der mächtige Glanz der Venus verhindert genaue Beobachtungen ihrer Oberfläche, da eben wegen dieses Glanzes starke Vergrösserungen nicht anwendbar sind. Unter günstigen Umständen haben mehrere Beobachter dunkle Flecken an der Oberfläche wahrgenommen; und durch genaue Beobachtung der Bewegung dieser Flecken leitete der ältere Cassini eine Rotation der Venus von $23^h\ 15'$ ab. Diesem Resultate stellte später Bianchini seine Beobachtungen und Berechnungen gegenüber, nach welchen eine Rotationsdauer von $24^d\ 8^h$ sich ergab. Diese sich widersprechenden Resultate untersuchten später Herschel und Schröter und zogen besonders die beiden Hörner der Sichelgestalt in den Kreis der Beobachtungen. Besonders das südliche Horn ist fein gezähnelt nach Art der Mondsichel; und Schröter sah wiederholt und Herschel wenigstens einmal deutlich in der Nachtseite der Venus einen hell leuchtenden Punkt, der ohne Zweifel ein hoher von der eben aufgehenden Sonne beleuchteter Berg war. Nach der Bewegung dieses leuchtenden Punktes schloss Schröter auf eine Rotation von $23^h\ 21'$. Endlich hat de Vico 1842 durch zahlreiche Beobachtungen der Venusflecken $23^h\ 21'\ 22''$ als Rotationsdauer des Planeten festgestellt.

In allerneuester Zeit ist jedoch in Folge der Forschungen der Spektral-Analyse dieses Resultat wieder fraglich geworden. Man hat nämlich als ganz sicher gefunden, dass die Venus von einer Atmosphäre umhüllt ist, welche bedeutend dichter als die der Erde ist. Es hat sich gezeigt, dass diese Venusatmosphäre überall und dauernd mit Gewölk angefüllt ist, so dass sich Zweifel erhoben, ob obige Beobachtungen von Flecken und Punkten möglich waren

Noch eine räthselhafte Erscheinung, die bei Venus wahrgenommen wurde, muss hier erwähnt werden. Der dunkle Teil des Planeten ist nämlich schon öfter in aschfarbigem Lichte gesehen worden. Aehnlich sehen wir kurz vor oder nach Neumond die von der Sonne nicht beleuchtete Seite des Mondes in demselben matten Lichte leuchten. Die beleuchtete Erdhälfte wirft nämlich das Licht auf die dunkle Mondseite und erhellt sie auf diese Weise durch ein kräftiges Dämmerlicht. Da Venus keinen Mond hat, der Widerschein von einem Planeten nicht intensiv genug ist, um gesehen zu werden, und auch die Refraktion des Sonnenlichtes durch die Venusatmosphäre diese Grösse nicht besitsen kann so muss der Grund dieses Lichtphänomens auf dem Planeten selbst liegen. Die allgemeine Ansicht geht dahin, dass sehr lebhafte Nordlichter auf der Venus diese Lichterscheinung bewirken.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Nähere Angaben über die Beschaffenheit der Oberfläche dieses Planeten zu machen ist sowohl wegen des intensiven Lichtglanzes als auch wegen der dichten Wolkenschichte, welche die Atmosphäre erfüllt, mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Doch hat Schröter den Versuch gemacht, aus dem fein gezähnelten Rande der Lichtgrenze an der Venussichel, besonders aus den Abweichungen der Hornspitzen und den zuweilen wahrgenommenen hinter der Lichtgrenze liegenden Lichtpunkten die Höhe der Venusberge zu bestimmen. Er kam zu dem Resultate, dass Venus eine Oberfläche mit grossen Unebenheiten besitze und findet die Höhe mancher Berge bis nahezu 5 Meilen. Doch meint hier Mädler, dass man derartigen Resultaten billig misstrauen müsse, da nur die allervollkommensten Instrumente einige Wahrscheinlichkeit geben können.

Zur Zeit der untern Conjunction ist Venus rückläufig, und die Dauer der retrograden Bewegung beträgt 41 Tage. Venus kann in dieser Stellung wie Merkur, aber viel seltener als dieser, an der Sonnenscheibe vorüber ziehen. Sie zeigt sich als schwarzer, völlig runder und scharf begrenzter Punkt. Dieses Phönomen heisst Venusdurchgang und ist das sicherste Mittel, die Parallaxe der Sonne und daher auch deren richtige Entfernung von der Erde zu bestimmen. Solche Venusdurchgänge ereigneten sich am 9. Dezember 1874 und 6. Dezember 1882; die zwei nächsten werden am 7. Juni 2004 und 5. Juni 2012 stattfinden.

§ 6.

Die Erde.

Die Erde bewegt sich als dritter Planet um den Centralkörper in einer Ellipse, deren Achsen sich zu einander wie 98 : 101 verhalten, also mit geringer Excentricität = 0,0168. Da in einem Brennpunkte die Sonne steht, so kommt die Erde im Perihelium der Sonne näher und wird desshalb von der Gravitation des Fixsternes rascher auf ihrer Bahn vorwärts getrieben — dies ist der Fall, wenn wir Winter haben — und im Aphelium ferner, bewegt sich also wegen der schwächeren Gravitation langsamer — diess ist der Fall, wenn wir Sommer haben —. Diess hat zur Folge, dass bei uns in der nördlichen Hemisphäre der Winter um $7^d\,18^h$ kürzer ist d. h. die Sonne verweilt $7^d\,18^h$ südlich vom Aequator während eines Jahres weniger als nördlich von demselben. Ein Tag oder eine Rotationsdauer der Erde geht mit der grössten Gleichförmigkeit vor sich und umfasst $23^h\,56'\,4''$ Sternzeit oder 24^h Sonnenzeit.

Die Ursache dieses wechselnden Standes der Sonne ist die schiefe Stellung der Erdachse zur Bahn. Es ist wohl zweifellos, dass die Planeten, wie die Nebulartheorie nachweist und Plateau's

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Versuch veranschaulicht, aus der Sonnenmasse hervorgegangen sind. Durch die Rotation des Sonnenkörpers erlangte die Tangentialkraft der feuerflüssigen Masse am Aequator das Uebergewicht, und einzelne Stücke rissen ab. Da die äusseren Teile der abgerissenen Kugel schnellere Bewegung hatten als die auf der Innenseite der Sonne zunächst, so musste Rotation der abgetrennten Kugel eintreten, und die centrifugale Kraft hat die Richtung der Rotationsachse der abgelösten Kugel verschoben. So ist sicherlich die schiefe Stellung der Erdachse schon bei der Schöpfung der Erde nach den Gesetzen der Mechanik erfolgt. Dieser Winkel der Erdachse zur Bahnebene beträgt zur Zeit 66° 32′ 42″. Es ist aber ein Gesetz der Mechanik, dass ein rotierender Körper, wenn er zugleich progressive Bewegung hat, den Parallelismus seiner Rotationsachse auf allen Punkten der Bahn beibehält. Diese stets mit sich selbst parallele zur Erdbahn geneigte Achse macht es auch, dass die Sonne bald bis 23° 27′ 18″ nördlich bald bis dahin südlich vom Aequator sich entfernt. Die Sonnenstrahlen treffen desshalb unter verschiedenen Winkeln die Erde, und der Wechsel der Jahreszeiten ist daher so alt als die Erde selbst.

Da die Erde in der Reihe der Planeten steht, also nicht nur die Gravitation der Sonne, sondern auch die der Planeten auf sie einwirkt, so ergeben sich Störungen in der Bahn. Die Erde ist nämlich keine genaue Kugel, sondern in Folge der Rotation ist sie am Aequator erhoben worden, ist also ein Sphäroid. Wirkt nun vermöge der Gravitation ein Körper S auf dieses Sphäroid, so sucht er die Aequatorebene desselben der Centrallinie beider Körper zu nähern; andrerseits sucht aber auch das Sphäroid den Körper S gegen den Ring am Aequator hinzuziehen Zwischen den beiden Ebenen besteht demnach das Bestreben sich zu nähern. Weil aber das Sphäroid eine Achsendrehung, der Körper S eine Bahnbewegung hat, so wird zwar die Annäherung der Ebenen verhindert, aber eine Aenderung in der Lage der Bahnebene tritt in so ferne ein, als die Durchschnittslinie der beiden Ebenen sich verschiebt. Hieraus erklären sich nun vornehmlich zwei Erscheinungen:

1) Die Sonne wirkt bald südlich, bald nördlich vom Aequator auf eine Kugel und einen Ring. Ausserdem hat die Erde einen Trabanten, der beinahe 29° vom Aequator abschweift und die unbedeutende Entfernung von 51000 Meilen hat. Dazu kommt noch, dass die Planeten Venus und Mars der Erde sich oft auf wenige Millionen Meilen nähern. Alle diese Einwirkungen haben zur Folge, dass die Erdachse zur Zeit ein Bestreben hat, sich senkrecht zur Bahnebene zu stellen. Lagrange hat nun alle diese Störungen, besonders aber das Zurückweichen des Mondskonotens am Aequator, das jährlich über 19° beträgt, beobachtet und in einer Gleichung

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

ausgedrückt, welche ergab, dass dieses Schwanken oder die Nutation der Erdachse nur periodisch sei, dass sie zwischen $22^1/_2{}^0$ und 28^0 sich bewege, und dass sie i. J. 6600 ihren niedrigsten Wert von $22^0\,54'$ erreichen und dann wieder zunehmen werde.

2) Es ist Gesetz der Mechanik, dass eine frei um ihre Achse sich drehende Kugel ihre Drehungsachse fortwährend mit sich selbst parallel beibehält. (Bohnenberger's Maschinchen). Hängt man aber ein Gewichtchen an, so entsteht eine Drehung der Pole im Kreise und zwar der Rotation der Kugel entgegen und um so langsamer, je schneller die Kugel rotirt. Die Sonne sucht die Erdachse senkrecht zur Bahn zu stellen und die Erde muss ja den Mond halten und führen. Dadurch geschieht, was oben angegeben wurde, dass der Durchschnittspunkt der Ekliptik und der Aequatorialebene nach Westen zurück weicht. Diese Präcession der Tag- und Nachtgleichen, welche jährlich 50,2″ beträgt, bewirkt, dass die Oerter, welche im Perihelium jetzt Winter haben, dort Sommer, und welche im Aphelium jetzt Sommer, dort Winter haben werden. Die Erdachse, die jetzt auf den Hauptstern des kleinen Bären gerichtet ist, wird durch die Sternbilder des Cepheus, des Schwanen, der Leier, des Drachen nach ungefähr 25000 Jahren wieder beim jetzigen Polarstern ankommen.

Es ist noch die Frage zu erörtern, ob die zwei eben angegebenen Veränderungen nicht auch eine Aenderung der Erleuchtung und Erwärmung der Erde zur Folge haben werden. — Der Unterschied von einem Jahr zum andern ist völlig unmerkbar und wächst erst im Laufe von Jahrtausenden zu einer wahrnehmbaren Grösse. Allein wie die Veränderung der Ebene der Erdbahn selbst in bestimmte Grenzen geschlossen ist, so wird auch die Verminderung der Sommer- und Winterwärme für die gemässigten Zonen wohl kaum über 1^0 R hinaus gehen. Im Mittel muss aber die Jahreswärme der Erde sich gleich bleiben.

§ 7.

Die Grössenverhältnisse der Erde.

Als das kopernikanische System sich Bahn gebrochen hatte, und man im Allgemeinen die runde Gestalt der Erde erkannt hatte, war die Frage nahe gelegt, welches denn die genaue Gestalt und Grösse unseres Wohnortes sein müsse Lange schwankten die Meinungen, bis der englische Mathematiker Isaak Newton (1642—1727) in seiner Mechanik die Gestalt der Erde theoretisch entwickelte. Er legte sich die Frage vor: Welche Gestalt muss ein runder Körper haben, der um eine Achse rotirend in 24 Stunden eine Umdrehung macht? Die Rechnung ergab, dass es ein an

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

den Polen abgeplattetes Sphäroid sein müsse, und zwar fand Newton $^1/_{230}$ Abplattung. Allein Newton war bei seinen Bestimmungen von falschen Voraussetzungen ausgegangen. Es war nämlich damals die genaue Grösse des Erdradius noch nicht bekannt; und dann hatte Newton eine durchaus homogene Masse des Erdinnern vorausgesetzt. Es war also, um ein richtiges Resultat zu erhalten geboten, 1) die genaue Grösse des Erdhalbmessers zu bestimmen, und 2) die mittlere Dichtigkeit oder das spezifische Gewicht der Erde zu ermitteln.

Da weder der Radius noch der Aequator der Erde direkt gemessen werden können, so suchte man die Länge eines Grades genau zu bestimmen. Der älteste Versuch einer Gradmessung wurde vom Alexandriner Eratosthenes (280—192 v. Chr.) gemacht. Er mass von Alexandria und Syene die Zenithdistanz des Polarsternes, da diese Orte unter dem gleichen Meridian liegen, und fand den Unterschied der geographischen Breiten beziehungsweise den entsprechenden Bogen zu $7^1/_5$ Grad Da er die Entfernung beider Orte auf 5000 Stadien fest setzte, so konnte die Länge eines Grades und des Erdradius bestimmt werden. Er fand 252 000 Stadien als Umfang der Erde.

Den einzig richtigen Weg einer Gradmessung an der Erdoberfläche betrat zuerst der Holländer Snellius, indem er 1615 seine Vermessungen damit begann, von Alkmaar nach Leyden und nach Bergen op Zoom ein Triangularnetz herzustellen Er bestimmte die Länge eines Meridiangrades auf 55021 Toisen.

Spätere Gradmessungen wurden von Picard 1669 und Cassini 1683 im Norden und Süden Frankreichs ausgeführt und ergaben als Resultat, dass im Süden ein Grad um 71 Toisen länger war als im Norden. Daraus folgerte man, dass die Erde die Gestalt eines Eies haben müsse, zusammengezogen am Aequator und ausgedehnt gegen die Pole hin.

Diesen Ansichten trat Newton in seiner Mechanik entgegen und bewies, dass nach den Gesetzen der Mechanik die Erde ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid sei. Daraufhin nahm die französische Regierung die Sache in Angriff und schickte 1735 zwei grosse Expeditionen ab, die eine unter Bouguer und Condamine nach Peru und die andere unter Maupertuis nach Lappland. Als Resultat wurde gefunden die Länge eines Grades in Peru zu 56753 Toisen und in Lappland zu 57422 Toisen d. h. die Grade in der Nähe des Aequators sind kürzer als in der Nähe der Pole, weil am Aequator die Krümmung der Erdkugel bedeutender ist als in der Nähe der Pole, und mithin ist die Erde ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid, wie Newton theoretisch es bewiesen hatte, und zwar etwa mit $^1/_{180}$ Abplattung. Bald begannen in allen Gegenden

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Europa's Gradmessungen, welche mitunter sehr verschiedene Abplattung angaben. Da tauchte während der französischen Revolution der Gedanke auf, ein auf die Grösse der Erde gegründetes Naturmaass herzustellen und dazu den durch Paris gehenden Meridianquadranten zu nehmen. Delambre und Mechain begannen daher 1792 die grösste Gradmessung über ganz Frankreich, welche von Arago und Biot 1808 vollendet wurde, um die Länge eines Meters festzustellen. Unter den verschiedenen Gradmessungen, welche auf Befehl der französischen, englischen, russischen und deutschen Regierungen ausgeführt wurden, sind besonders die von Schuhmacher in Dänemark, Gauss in Hannover und Bessel in Preussen wegen ihrer hohen Vollendung und Genauigkeit wichtig. Hiernach ist ein Aequatordurchmesser 6544154 Toisen, die Erdachse = 6522278 Toisen, folglich $^1/_{299}$ Abplattung und 1 Toise = 1,949 m. Die Erdachse ist also ungefähr um 6 Meilen kürzer als ein Durchmesser am Aequator.

Ein anderes Mittel, die Abplattung der Erde zu bestimmen, ist das Pendel. In dieser Art bleibt die Reise des französischen Gelehrten Richer nach Cayenne denkwürdig. Richer reiste astronomischer Zwecke halber nach Cayenne und nahm eine genau regulirte Uhr mit, die in Paris Sekunden schlug. In Cayenne blieb sie zurück und erst als Richer das Pendel um $1^1/_4$ par. Linie verkürzt hatte, schlug es wieder Sekunden Die langsamere Schwingung am Aequator zeigt eine Verminderung der Schwerkraft an; und da die Schwerkraft nur dadurch abnimmt, dass man weiter vom Erdmittelpunkt sich entfernt, so muss der Aequator hievon weiter als Paris entfernt sein. Mittelst des Pendels fand Bessel $^1/_{288}$ Abplattung.

Endlich suchte Laplace die Abplattung auf astronomischen Weg zu bestimmen. Er berechnete nämlich die Mondbahn für den Fall, dass die Erde eine genaue Kugel ist. Die bekannten Störungen in der Mondbahn rühren dann davon her, dass die Erde eine Kugel mit einem Ringe am Aequator ist. Er fand auf diese Weise $^1/_{305}$ Abplattung.

Newton hatte die Abplattung unter der Bedingung angegeben, dass die Masse der Erde durchaus homogen sei. Diess ist jedoch nicht der Fall, sondern die Dichtigkeit der Erde nimmt mit der Annäherung an den Mittelpunkt zu, denn die Rechnung ergibt, dass, wenn man im Innern der Erde dieselbe Dichtigkeit setzt wie an der Oberfläche, eine viel grössere Abplattung die Folge wäre, dass aber eine Kugel von der Grösse und Rotationsgeschwindigkeit der Erde ungefähr $^1/_{289}$ Abplattung haben müsse. Dieses Resultat wird auch durch die Erfahrungen der Geologie bestätigt, gemäss welchen in den tieferen Schichten der Erde sich mehr Metalle vor-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

finden als an der Oberfläche. Die schwereren Metalle haben sich nämlich in jenen fernen Zeiten, als die Erde noch im feuerflüssigen Zustande sich befand, gegen den Mittelpunkt hin gesenkt. Am Centrum selbst können die Metalle nur regulinisch vorkommen, wenn es nicht noch schwerere Stoffe am Erdkörper gibt, die in Folge ihres spezifischen Gewichtes sich so rasch gesenkt haben, dass in der dünnen Erdkruste, die erstarrt ist, keine Spur mehr von ihrem Dasein übrig geblieben ist.

Diese Erfahrungen führen auf die Frage, welches denn die mittlere Dichtigkeit oder das spezifische Gewicht unseres Planeten sei. Die erste derartige Messung führten Maskelyne und Hutton in der Nähe des Berges Shehallien an der Grenze von England und Schottland aus. Maskelyne bestimmte für zwei Oerter nördlich und südlich von Shehallien die Zenithdistanzen der Sterne, um die genaue Richtung des Erdradius an jenen Oertern zu finden. Als er später die Richtung des Bleilothes mit der des Erdradius verglich, fand er, dass das Loth 11,6″ gegen den Berg hin abgelenkt wurde. Die Grösse und Bestandteile dieses Berges, der mitten in einer Ebene liegend von allen Seiten zugänglich ist, sind bekannt. Hutton fand nun durch den Calcul, dass, wenn dieser Berg die mittlere Dichte der Erde hätte, er nach seiner Grösse das Loth um 20,9″ ablenken müsste. Da er nur $^5/_9$ Ablenkung bewirkt, so ist auch seine Dichtigkeit nur $^5/_9$ von der Erde. Der Berg aber hat in Mittel ein spezifisches Gewicht von $2^1/_2$; also fand er für die Erde das spezifische Gewicht = 4,5. Später fand Carlini am Mont Cenis durch ein ähnliches Verfahren 4,4 als mittlere Dichtigkeit der Erde. Da aber bei diesen Untersuchungen auf die Verhältnisse der Erdkruste im Innern, ob Gestein oder Lehm oder Kalk oder hohle Räume daselbst vorhanden sind, zu wenig Rücksicht genommen ist, so ist es gekommen, dass die Zahlen zu niedrig sich stellten. Cavendisch wandte i. J. 1797 die Drehwage von Coulomb an und fand die mittlere Dichte = 5,38; Baily fand 5,68. Reich in Freiberg prüfte alle diese Rechnungen und fand 5,44 als spezifisches Gewicht der Erde. Der Münchener-Professor Jolly hat mittelst einer sehr feinen Wage die Untersuchung geführt und wegen unbedingter Genauigkeit der Rechnung wohl ein für allemal ein definitives Resultat in diesem Punkte erzielt. Er fand die mittlere Dichtigkeit der Erde = 5,69.

Als die Länge eines Grades bestimmt war, waren die übrigen Grössenverhältnisse des Erdballes nach der Geometrie leicht gefunden. Der Umfang am Aequator ergab sich zu 5400 Meilen, ein Meridian zu 5390 Meilen, ein Durchmesser am Aequator zu 1719,4 Meilen, die Erdachse zu 1712,9 Meilen, die Oberfläche zu 9 288 000 Quadratmeilen und der Inhalt zu 2662 Mill. Kubikmeilen.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Zur bequemen Bestimmung der Oerter auf der Oberfläche wurde die Kugel mit Hauptlinien umzogen. Diese sind in Folge der schiefen Stellung der Erdachse zur Bahn, durch den Stand der Sonne bezeichnet. Jene Linie, welche die Sonne zur Zeit der Tag- und Nachtgleichen senkrecht beleuchtet, erhielt den Namen Aequator, die Linien des weitesten Abstandes der Sonne vom Aequator sind die beiden Wendekreise, der nördliche der Wendekreis des Krebses, der südliche der Wendekreis des Steinbockes, zur Zeit 23° 27′ 18″ vom Aequator entfernt. Die beiden Pole der Ekliptik beschreiben bei einer Rotation jene Linien, denen zur Zeit des weitesten Abstandes der Sonne vom Aequator also zur Zeit der Sonnenwenden die Sonne an einem Tage nicht unter- oder nicht aufgeht. Das sind die beiden Polarkreise, 23° 27′ 18″ von den beiden Erdpolen entfernt.

Zwischen diesen Kreisen verteilen sich auch die Erdgürtel mit ihren Verschiedenheiten in Bezug auf animalisches und vegetabilisches Leben. Zwischen den Wendekreisen befindet sich die heisse Zone, wo die ganze Sonnengluth senkrecht zur Erde fällt, den Boden austrocknet und die Organismen erschlafft; innerhalb der Wende- und Polarkreise tritt in allmähligen Uebergängen die mildere Wirkung der Sonne mit wohlthätiger Umgehung der Extreme auf. Innerhalb der Polarkreise um die Pole herum gedeiht das vegetabilische und deshalb auch das animalische Leben nur mehr spärlich oder nicht mehr, erdrückt unter der eisigen Kälte eines andauernden Winters. Zwischen dem Aequator und den Polen wurden der trigonometrischen Kreisteilung gemäss 90 Parallelkreise des Aequators angenommen und der Aequator als grösster Kugelkreis in 360 gleiche Teile geteilt und die Teilpunkte mit den Polen verbunden. Weil nun alle Oerter, welche unter dem nämlichen dieser Kreise liegen, die den Aequator schneiden, zur selben Zeit Mittag haben, so heissen diese Kreise Meridiane. Einer dieser Meridiane musste als erster gelten, und von diesem aus wurde entweder die Zählung nach 360° nach Osten oder 180° östlich und 180° westlich vorgegenommen. Für die Deutschen ist der erste Meridian, der an der kanarischen Insel Ferro an der Westküste Afrika's vorüber zieht. Die Franzosen haben den Meridian von Paris 20° östlich von Ferro und die Engländer den von Greenwich 17° 39′ östlich von Ferro als ersten angenommen.

Nachdem der Erdradius auf's Genaueste bestimmt worden ist, kann auch die Grösse der Parallelkreise des Aequators angegeben und die Winkelgeschwindigkeit jedes Punktes bestimmt werden. Ist der Erdradius $= r$, so ist eines Parallelkreises Radius $\rho = r. \cos \varphi$ in der Breite φ und demnach die Rotationsgeschwindigkeit in der Breite φ während der Zeit t $\upsilon = \frac{2r\pi}{t} \cos \varphi$. So hat ein

Punkt am Aequator 465^{m} und am Polarkreis noch 184^{m} Geschwindigkeit; der Pol hat keine Geschwindigkeit.

Aus der Grösse der Oberfläche der Erde ergibt sich auch das Verhältniss der Zonen der Erde. Es ist nämlich für eine Halbkugel der Flächeninhalt der halben heissen Zone = 1890000 Quadratmeilen,
„ einer gemässigten „ = 2580000 „
„ einer kalten „ = 380000 „
Demnach verhalten sich die Zonen zu einander wie 189 : 258 : 38.

Die europäischen Schiffe sind in allen Meeren der Erde erschienen, und so weit die See es erlaubte, zu den Polen vorgedrungen. In der südlichen Hemisphäre ist bis zum 71° kein Land, sondern sind nur einzelne Spitzen und Inseln zu erblicken. Weiter südlich hat Capitaine Wilkes in der Ferne einen grösseren Continent wahrgenommen, der aber wahrscheinlich nur für Seevögel und Robben ein Aufenthalt ist. Nach dem Nordpol wurden grosse Expeditionen unternommen, um eine nördliche Durchfahrt nach Ostindien aufzufinden, und man weiss, dass die Continente im Norden von Wasser umflossen sind, so dass am Pole ohne Zweifel freies Meer sich befindet. Es kann auch wegen der Rotation der Erde nicht wohl anders sein. Denn wegen der centrifugalen Kraft hat sich gegen den Aequator hin das Land gehoben und ebendesshalb an den Polen zurück gezogen. An den tieferen Stellen aber hat sich das Wasser angesammelt und desshalb die Pole der Erde bedeckt. Vergleicht man überhaupt die Wasserfläche der Erde mit der Fläche des Festlandes, so ergibt sich, dass an der Oberfläche der Erde Land und Wasser sich wie 1 : 3 verteilen.

§ 8.

Der Mond.

Wenn auch der Mond wegen seiner unbedeutenden Kleinheit schon in unserm Sonnensystem und besonders als Weltkörper im Universum eine Beachtung nicht finden kann, so wurde er doch von den Erdbewohnern von jeher mit vorzüglicher Aufmerksamkeit betrachtet. Er ist ja der stete Begleiter der Erde, der unsere Nächte erhellt, auf die Lage der Erdpole einwirkt, die grossen Bewegungen der Wasser- und Luftmassen in Flut und Ebbe veranlasst und auch den Bewegungen der Magnetnadel nicht fremd ist.

Die Parallaxe des Mondes ist zu 0° 57′ 2,2″ und daher seine Entfernung von der Erde im Mittel zu 51800 Meilen gefunden. Die Mondbahn ist wie jede Bewegungscurve im Universum eine Ellipse, in deren einem Brennpunkte sich die Erde befindet. Die Excentricität der Ellipse beträgt ungefähr 0,0548 oder 2850 Meilen, wesshalb der Mond in der Erdnähe oder im Perigäum sich auf

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

48900 Meilen der Erde nähert und in der Erdferne oder im Apogäum sich 54600 Meilen von ihr entfernt. Der Durchmesser des Mondes hat eine Länge von 468,8 Meilen, da der scheinbare Durchmesser desselben zu 0° 31′ 7″ bestimmt ist. Seine Masse ist $^1/_{81}$ der Erdmasse, woraus sein spezifisches Gewicht zu $3^1/_3$ sich ergibt. Eine Abplattung an den Polen oder eine Erhebung am Aequator, wie sie bei allen Planeten vorhanden ist, kann am Monde nicht wahr genommen werden, was bei der langsamen Rotation desselben selbstverständlich ist. Da er nämlich der Erde fortwährend dieselbe Seite zuwendet, so macht er während der Zeit eines Umlaufes um die Erde also in $27^1/_4$ Tagen auch eine Achsendrehung. Die Rotation des Mondes geht vollständig gleichförmig wie bei allen übrigen Himmelskörpern vor sich; nicht so gleichförmig ist die Bewegung in der Bahn oder die Revolution. Der Mond wird von der Schwere der Erde im Perigäum etwas rascher als im Apogäum auf seiner Bahn vorwärts getrieben. Dadurch kommt es, dass, da der Mond eine genaue Kugel nicht ist, indem sich in Folge der Gravitation auf der der Erde zugewendeten Seite die Masse mehr als auf der jenseitigen uns abgewendeten Hemisphäre angehäuft, also der Schwerpunkt mit dem geometrischen Mittelpunkt nicht zusammen fällt, in Länge und Breite kleine Schwankungen der Mondkugel auftreten, so dass wir ungefähr $^1/_{10}$ auch der jenseitigen Hemisphäre zeitweilig zu Gesichte bekommen. Diese Schwankungen der Mondkugel nennt man Libration.

Dem freien Auge zeigt sich die Mondoberfläche als eine mit graulichen Flecken bedeckte Scheibe. Seit Erfindung der Fernröhre aber hat sich die eigentliche Gestalt der Oberfläche als aus Bergen und Thälern, aus grossen und kleinen Gebirgsformationen und zahllosen Erhebungen bestehend gezeigt. Günther teilt in seiner Geophysik die Mondgebilde nach der von Neison vorgeschlagenen Klassifikation, wie folgt: 1) Dunkle Ebenen etwa $^2/_5$ der Gesammtoberfläche; 2) Kratergebilde, die am häufigsten vorkommende und für den Mond charakteristische Formation. Die Krater stellen sich als kreisrunde oder ovale Gebilde dar, deren umschliessende Wälle nach aussen weit sanfter als nach innen abfallen während auch im Innern noch niedrigere Erhebungen zu finden sind. 3) Ringgebirge, wie Mädler sie auffasst, von kreisförmigen, ungleich hohen Wällen, umgebene Ebenen, in deren Mitte ein deutlicher Centralberg zu sehen ist. 4) Kraterebenen, den Ringgebirgen ähnlich, aber wild und zerrissen. 5) Hochebenen und weit verzweigte Gebirgsrücken und Hügelländer 6) Als Spezificum der Mondoberfläche zeigen sich die sogenannten Rillen, schmale Vertiefungen, die in ziemlich gerader Richtung oft 40 und mehr Meilen über Berge und Thäler sich hinziehen und das Ansehen von

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

trockenen Flussbetten oder Landstrassen haben. Es ist kaum zu zweifeln, dass diese Rillen gewaltige Risse sind, die in dem Monde entstanden, als durch die fortschreitende Abkühlung die äussere Schichte bereits krystallisirt war, während die inneren Schichten in Folge der beginnenden Krystallisation sich auszudehnen anfingen, wodurch ein Bersten der Oberfläche eintrat. Diese Rillen müssen in Wirklichkeit eine Breite von 600^{m} — 3000^{m} haben.

Wenn man die Mondoberfläche zu verschiedenen Zeiten beobachtet, so erkennt man die einzelnen Berge und landschaftlichen Gebiete dortselbst immer mit gleicher Schärfe und Helligkeit; Wasserflächen zeigen sich dort nirgends, und auch die verschiedenen Formen des Wassers, als Wolken, Nebel oder Eis erscheinen niemals. Man kann also mit voller Sicherheit schliessen, dass auf dem Monde Wasser nicht vorhanden ist. Eine fernere meteorologische Thatsache ist folgende. Der Mond geht am nächtlichen Himmel an den Fixsternen vorüber wie der Zeiger einer Uhr an den Ziffern der Platte. Da ereignet es sich gar oft, dass ein Stern vom Monde bedeckt wird. Ohne eine Ablenkung oder Schwächung des Lichts zu zeigen, nähert sich der Stern dem Mondrande und verschwindet plötzlich hinter demselben. Auch bei Sonnenfinsternissen zeigt sich der Mondrand stets äusserst scharf begränzt und von einer Refraction des Lichtes keine Spur. Daraus ergibt sich mit völliger Gewissheit, dass der Mond keine Atmosphäre so wie die Erde hat.

Erde und Mond werden als dunkle Körper von der Sonne auf der der Sonne zugewendeten Seite erleuchtet und dadurch sichtbar gemacht, während die der Sonne abgewendete Seite kein Licht oder Nacht hat. Da der Mond verschiedene Stellungen zur Erde hat, so muss die Erde dem Monde gegenüber dieselben Lichtphasen zeigen, wie wir sie am Monde wahrnehmen. Kommt der Mond zwischen Sonne und Erde zu stehen, so wendet er der beleuchteten Erdhälfte seine nicht beleuchtete Seite zu. Die Erde wirft dem Monde in dieser Stellung ihr ganzes Licht zu und erhellt die Mondnacht, wie der Vollmond die Erdnacht. Da aber der Diameter der Erde viermal grösser als der des Mondes ist, so ist das reflektirte Erdenlicht etwa 16 mal stärker als das des Vollmondes. Daher kommt es auch, dass wir kurz vor oder nach Neumond, wenn dieser eine schmale Sichel zeigt, auch den nicht beleuchteten Teil des Mondes in aschgrauem Lichte sehen, weil da die beleuchtete Erde die Mondnacht erhellt.

Nach den Untersuchungen von Zöllner verhält sich das Mondlicht zu dem der Sonne wie 1:600000. Wegen der Rauhheit der Mondoberfläche und der Neigung der Höhenzüge unter verschiedenen Winkeln ist das Mondlicht zum Teil polarisirt. Das Licht,

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

das der Mond der Erde zusendet, enthält keine Wärme oder nur eine höchst unbedeutende Menge derselben. Selbst mit den stärksten Sammellinsen war es nicht möglich, eine Wirkung des Mondlichtes auf das Thermometer zu bemerken. Erst der Thermomultiplikator von Melloni gibt schwache Spuren einer Mondwärme, die also so gering ist, dass ihre Wirkung Null ist.

§ 9.

Mondphasen. Finsternisse.

Die Mondphasen oder die regelmässig wechselnden Lichtgestalten, in denen der Mond den Erdbewohnern sichtbar wird, erklären sich aus den Stellungen der drei Himmelskörper, Sonne, Erde und Mond, da die Sonne als leuchtender Körper die Erde und den Mond als an sich dunkle Körper nur auf der einen ihr zugewendeten Seite beleuchtet und dadurch sichtbar macht. Der Gang der Erscheinung ist folgender, wenn S die Sonne, E die Erde und A B C D vier Stellungen des Mondes in seiner Bahn sind: Fig. 7.

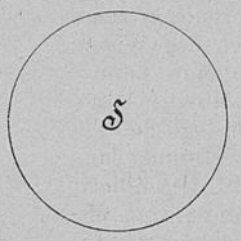
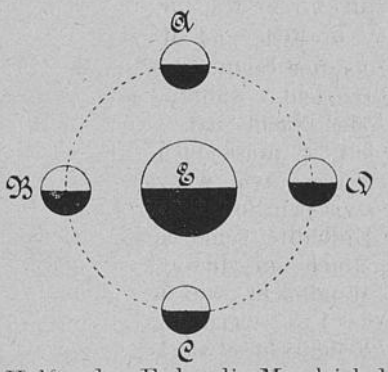


Fig. 7.

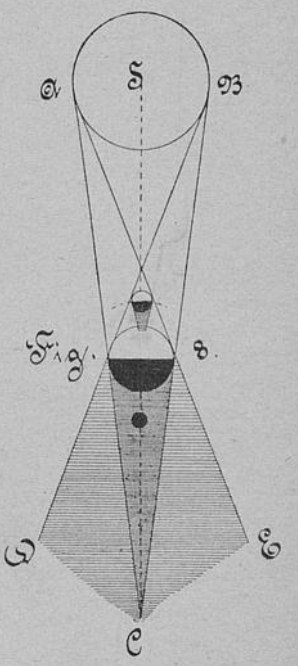


Steht der Mond in A also zwischen Sonne und Erde, so wendet er der beleuchteten Erdhälfte seine dunkle Seite zu, geht mit der Sonne auf und unter und ist in den blendenden Sonnenstrahlen für uns unsichtbar. Er befindet sich als Neumond in Conjunktion mit der Sonne. Rückt er von A gegen B hin, so zeigt er Anfangs nur einen schmalen Streifen der beleuchteten Hälfte der Erde, die Mondsichel mit ihren Hörnern. Nach ungefähr $7^1/_2$ Tagen hat sich der Mond bis B also 90^0 von der Sonne entfernt. Die westliche Mondhälfte ist beleuchtet und ist in dieser Stellung im ersten Viertel oder in der ersten Quadratur vor Mitternacht am Himmel sichtbar. Nach weiteren $7^1/_2$ Tagen ist der Mond nach Osten bis C vorgerückt, hat sich also 180^0 von der Sonne entfernt. Hier in Opposition zur Sonne erhellt er die dunkle Erdhälfte durch seine vollständig

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

beleuchtete Scheibe und geht als Vollmond für die Erdbewohner auf, wenn die Sonne untergeht. Von da an wird seine Lichtgestalt wieder kleiner, da er sich der Sonne wieder nähert, und wieder etwa nach $7^1/_2$ Tagen steht er in D einen Quadranten von der Sonne entfernt im letzten Viertel oder in der zweiten Quadratur. Er erscheint nach Mitternacht am Himmel. Seine Lichtgestalt wird wieder sichelförmig, bis endlich diese zuletzt in den Strahlen der aufgehenden Morgensonne als Neumond verschwindet.

Würde die Bahn der Erde, in welcher sich diese um die Sonne, und die des Mondes, in welcher er sich um die Erde herum bewegt, in einer Ebene liegen, so käme es sehr oft, dass der eine der beiden Körper dem andern das Sonnenlicht entziehen würde. Da aber der Mond auf seiner Bahn über 29^0 nördlich und südlich vom Aequator abschweift, diesen also zweimal überschreitet, so kann eine Verfinsterung nur eintreten, wenn der Mond in oder nahe an einem der Durchschnittspunkte der Mond- und Sonnenbahn oder nahe an einem Knoten steht.



Die Erde und der Mond werfen als dunkle Körper nach der von der Sonne abgewendeten Seite hinter sich einen Schatten, der, da der leuchtende Körper viel grösser als die beleuchteten sind, die Gestalt eines Kegels haben muss, dessen Basis ein grösster Kugelkreis des Schatten werfenden Körpers ist und dessen Spitze in der Geraden liegt, welche durch die Centra des leuchtenden und beleuchteten Körpers geht. Fig. 8. Dieser Schattenkegel — Kernschatten oder Abwesenheit alles Lichtes — ist ringsum von dem Halbschatten, wo die Sonne nur teilweise ihr Licht hinsendet, umhüllt.

Der Kernschatten der Erde, dessen Länge zwischen 182000 und 188000 Meilen wechselt, reicht weit über die Mondbahn hinaus und hat in der Entfernung des Mondes einen Durchmesser, der ungefähr $^1/_3$ grösser ist als der des Mondes, während der Halbschatten in jener Gegend einen Durchmesser hat, der den des Mondes noch dreimal übertrifft. Steht nun der Vollmond im Knoten, so geht er mitten durch den Erdschatten, und die Verfinsterung ist total, steht er nahe am Knoten, so geht er nördlich oder südlich an der Mitte vorbei, und die Verfinsterung ist partial.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Doch sind Kern- und Halbschatten nicht etwa durch Linien begrenzt, sondern der Halbschatten wird immer dunkler, bis er in den Kernschatten übergeht. Bei totalen Mondsfinsternissen ist die Wirkung unserer Atmosphäre zu beachten. Je nachdem sie rein oder mit Dünsten erfüllt ist erscheint der Schattenrand scharf begrenzt oder verwaschen; zugleich wirft sie vermöge der Refraction ziemlich kräftiges rötliches Licht, ähnlich dem Morgen- oder Abendrot auf den verfinsterten Mond und macht ihn dadurch teilweise wieder sichtbar.

Von jeher waren die Blicke der Sterblichen unter Staunen und Verwunderung dem Himmel zugekehrt, wenn eines der Phänomene, die wir Finsterniss des Mondes oder der Sonne nennen, vor ihren Augen vor sich ging, Besonders aber sind die Verfinsterungen des hell strahlenden Tagesgestirnes derart, dass sie durch ihre Grossartigkeit und ihren Zauber die Gemüther der Menschen fesseln. Steht der Mond zur Zeit der Conjunction im oder nahe am Knoten, so wird einem Teile der Erdoberfläche das Sonnenlicht ganz oder teilweise entzogen. Wenn nur ein Teil der Sonne vom Monde bedeckt erscheint, so ist die Finsterniss partial; steht der Mond im Perigäum, so muss der Kernschatten, der zwischen 49400 und 51100 Meilen Länge hat, die Oberfläche der Erde treffen, und die Verfinsterung dieser Punkte ist total; steht er im Apogäum, so wird die Spitze des Schattenkegels die Erdoberfläche nicht erreichen, und die Verfinsterung ist ringförmig.

Den grossartigsten Anblick bei einer totalen Sonnenfinsterniss gewähren die Corona und die Protuberanzen. Wenn der Mond vor die Sonne hinrückt, so wird der Lichtstreifen immer schmäler, bis er zuletzt wie eine Schnur von Lichtperlen erglänzt, um dann plötzlich zu verschwinden. Der perlenartige Streifen rührt wahrscheinlich daher, dass das Sonnenlicht durch Mondthäler noch zur Erde gelangt, während die kraterförmigen Erhebungen auf der Mondoberfläche das Licht bereits absperren. In dem Augenblicke, wo das Sonnenlicht verschwindet, erscheint der wie Dämmerlicht sanfte Schein der Corona, die wie ein Heiligenschein den dunklen Mond umgibt. Die Corona leuchtet dem dunklen Mondrande zunächst am hellsten und sendet ihre Strahlen mit schwächer werdendem Lichte ziemlich hoch über den Mond empor. Da sie mit dem Monde nicht fortschreitet, so muss sie concentrisch die Sonne umgeben und kann nicht vom Monde und auch nicht von unserer Atmosphäre herrühren. Nach den Photographien, welche Secchi zu Dieserto am 18. Juli 1860, Whipple zu Shelbyville (Kentuky) am 7. August 1869, Willard zu Xeres und Brothers zu Syracus am 22. Dez. 1870 aufgenommen haben, umgibt die Corona einem Viereck ähnlich die Sonne, ohne eine bestimmte

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Gestalt beizubehalten, indem oft schon nach wenigen Minuten die flammenden Strahlen nach einer Seite hin sich verlängern.

Aus der Corona hervor zucken in rötlichem Lichte die Feuer- und Strahlenbüschel der Protuberanzen, welche bei der totalen Finsterniss am 8. Juli 1842 zuerst beobachtet worden sind. Die Gestalt dieser Protuberanzen ist die von roten feurigen Flammen oder Strahlen oder auch ähnlich dem Rauche eines Kamines, den der Wind langsam forttreibt.

Secchi nennt sie feurige Gasmassen, die aus der Sonne hervorbrechen, Tausende von Meilen über die Sonne empor schlagen und da in ihrer Form unsern Wolken vergleichbar sind. Wenn die totale Finsterniss ungefähr 5 Minuten gedauert hat, kommt der erste Lichtstrahl der Sonne neben dem Monde wieder hervor, und in diesem Augenblicke haben auch die Erscheinungen am Himmel ein Ende.

§ 10.

Mars.

Dieser Planet, an seinem rötlichen Lichte leicht erkennbar, bewegt sich in einer ziemlich lang gestreckten Ellipse um die Sonne. die Excentricität der Bahn beträgt 0,093 also sein Abstand im Perihelium 28,5 Millionen und im Aphelium 34,4 Millionen Meilen. Auf seiner Bahn nähert er sich der Erde bis auf 7 Mill. und entfernt sich von ihr bis 55 Mill. Meilen, daher auch sein scheinbarer Durchmesser zwischen 23″ und 3,5″ wechselt, in Mittel aber 6″ beträgt. Daraus ergibt sich sein wahrer Durchmesser zu 890 Meilen, mithin sein Kubikinhalt ungefähr zu $^1/_7$ des Erdkörpers. Einen Umlauf um die Sonne vollendet Mars in 687 Tagen, von einer Opposition bis zur nächsten verfliessen aber 780 Tage; seine Bahngeschwindigkeit beträgt $3^1/_3$ Meilen. Setzt man die Lichtmenge, welche die Erde von der Sonne erhält, = 1, so ist diese bei Mars 0,36 oder 0,43 oder 0,52, je nachdem Mars in der grössten, mittleren oder kleinsten Entfernung von der Sonne sich befindet Der Aequator des Mars ist zu seiner Bahnebene unter 27° 16′ geneigt, daher der Unterschied der Jahreszeiten auf Mars etwas schroffer als auf der Erde hervortritt. Ausser der Erde ist Mars der einzige Planet, wie Newcomb sagt dessen Rotationsdauer wir mit vollkommener Schärfe aus der Unveränderlichkeit vieler Flecken bestimmen können. Die neueren Darstellungen von Schmidt haben für Mars eine Rotation von 24ʰ 37′ 22,6″ ergeben, so dass ein Marstag von einem Erdentag wenig verschieden ist. In Folge der Rotation erscheint Mars an den Polen abgeplattet, und Arago hat diese zu $^1/_{30}$ ange-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

geben. Die mittlere Dichtigkeit des Planeten ist 0,7 der Erdendichtigkeit.

Es ist selbstverständlich, dass von dem Planeten Mars, der von der Erde so genau betrachtet werden kann, in Betreff der Oberfläche und Atmosphäre eine Reihe von Untersuchungen vorliegen. Als endgiltige Arbeit hierüber darf wohl das Werk Schiaparelli's angesehen werden, worin er seine Beobachtungen des Planeten während seiner Opposition vom September 1877 bis April 1878 niedergelegt hat. Da während jener Opposition der Südpol des Mars der Erde vollkommen sich zeigte, so hat Schiaparelli zunächst die südliche Marshälfte beobachtet und gezeichnet. Der weisse Fleck ungefähr 5 Grade vom Südpole entfernt und gegenüber die beiden Inseln Thyle I und II dienten dazu, die Rotationsachse genau zu bestimmen. Die dunklen Flecken wurden als Meere, die hellen Stellen als Ländermassen erkannt, und ebenso wurden von jeher die mit den Jahreszeiten sich an Grösse ändernden weissen Polarflecken als Schneezonen angesehen. Günther führt hier an, dass die Ausdehnungen und Zusammenziehungen der Marspolarflecke in ihren zeitlichen Verhältnissen lebhaft an das erinnern, was wir auf der Erde zu sehen gewohnt sind, wo ja auch die der Polarschifffahrt günstigste Zeit erst nach der Sommersonnenwende eintritt. Schiaparelli meint, dass diese weissen Flecken von Wasserdämpfen herrühren, die zu Eis und Schnee geworden sind; und da sich die Atmosphäre des Mars deutlich mit Wasserdämpfen erfüllt zeigt, so ist nicht zu zweifeln, dass Eis und Schnee die Polarzone des Mars bedecken.

Günther reproducirt die Konfigurationslehre Schiaparelli's wie folgt: Die überwiegende Landmasse liegt von schmalen Kanälen durchzogen in der Aequatorzone; zwischen dieser und der südlich gemässigten Zone breiten sich Meere aus, von langen nach Südost gerichteten Inseln und Halbinseln unterbrochen; wo die Halbinseln an die Continente anschliessen, münden zu beiden Seiten breite Kanäle mit meist südlicher Richtung; die Kanäle der Aequatorialzone folgen meist der Richtung der Parallelkreise; die Verteilung von Wasser und Land ist auf Mars weniger schroff als auf Erde, wo bloss zwei Continente über das Meer sich erheben, während auf Mars Wasser und Land in geringerer Ausdehnung mit einander abwechseln.

Dass den Planeten eine Atmosphäre umhüllt, ergibt sich 1) aus dem grössern Grad der Helligkeit, der am Rande gegenüber den mittleren Partien herrscht; 2) aus den vorübergehenden localen Trübungen; 3) aus der constanten Trübung, welche die weissen Flecke häufig erleiden, wenn sie durch die Rotation dem Rande sich nähern; 4) die Wolken des Mars zeigen ungefähr dasselbe

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Verhalten wie die Wolken der Erde. Allem Anscheine nach ist die Atmosphäre des Mars viel dichter als die der Erde; vielleicht kommt davon auch das rötliche Licht, wie bei uns das Morgen- und Abendrot, wenn die Sonnenstrahlen den weiten Weg durch die unteren Schichten der Atmosphäre zurück legen.

Bei den vielen Aehnlichkeiten, welche Erde und Mars in Bezug auf Oberfläche und Atmosphäre zeigen, lag auch die Vermuthung nahe, dass Mars nicht ohne Mond sein könne. Kepler leitete theoretisch die Behauptung ab, dass Mars zwei Monde haben müsse. Erst im Jahre 1877 verkündete Assaph Hall in Washington, dass er zwei kleine Begleiter des Mars entdeckt habe und veröffentlichte auch schon im nächsten Jahre die genauen Ephemeriden der beiden Sterne. Sie erscheinen als Sterne zwölfter Grösse. Die Entferungen der beiden Monde vom Centrum des Mars betragen 1250 Meilen und 3100 Meilen; sie vollenden beziehungsweise einen Umlauf um den Hauptplaneten in 7 Stunden 39′ und 30 Stunden 18′, so dass der äussere die vierfache Umlaufzeit des innern hat. Die Grösse der Durchmesser ist auf 1,3 Meilen geschätzt.

§ 11.

Die Asteroiden.

Diese kleinen Weltkörper, bis jetzt ungefähr 200 an der Zahl, haben ihre Bahnen in einer Entfernung von 36—70 Millionen Meilen von der Sonne und bewegen sich um diese zum Teil in ziemlich lang gestreckten Ellipsen. Da die Durchmesser zwischen 58 und 4 Meilen schwanken, so kann in Betreff der Oberfläche und Beschaffenheit der Asteroiden nichts fest gestellt werden. Nur eine auffallende Thatsache ist zu erwähnen, nämlich die, dass diese kleinen Planeten ganz den gleichen Lichtglanz wie Fixsterne zeigen, also mehr Licht ausstrahlen, als sie nach ihrer Grösse geben sollen.

Die Asteroiden wurden von den Astronomen seit der ersten Entdeckung (1. Januar 1801 wurde Ceres von Piazzi gefunden) als die Trümmer eines grossen Planeten angesehen, dessen Bahn an der fünften Stelle der Planetenreihe liegen müsse. Zur Erklärung der vorliegenden Thatsache dient die Hypothese von Olbers. Der ursprüngliche grosse Planet muss zur äusseren Planetengruppe gehört haben d. h. er hatte bei sehr grossen Volumen eine ausserordentlich rasche Rotation. Während die Rotation bei Jupiter und Saturn eine sehr starke Abplattung veranlasst, ausserdem bei Jupiter vier und bei Saturn acht Trabanten und zwei Ringe abgerissen hat, erhielt bei diesem hypothetischen Planeten durch die Schnelligkeit der Rotation die centrifugale Kraft das Uebergewicht und schleuderte die Stücke des Planeten, der ja bei seiner Ausscheidung aus der

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Sonne in losem, feuerflüssigem Zustande sich hefand, nach allen Richtungen der Tangente auseinander. Das Stück, das nach vorwärts in der Richtung der Bahn des Planeten seinen Weg erhielt — Ceres — musste die grösste Geschwindigkeit, jenes Stück, das am andern Ende des Durchmessers nach rückwärts die Bewegung erhielt — Flora — die kleinste Geschwindigkeit bekommen. Die Richtungen und Geschwindigkeiten der übrigen Stücke wurden nach ihrer Lage modifizirt, mussten aber zwischen diesen zwei äussersten Grenzen eingeschlossen werden.

Aus dieser Hypothese zieht Lamont folgende Schlüsse: 1. Wenn ursprünglich zwischen Mars und Jupiter sich ein grosser Weltkörper elliptisch um die Sonne bewegt hat und durch irgend eine Katastrophe in Stücke zerfallen ist, so müssen diese in der ursprünglichen Bahn ihren Weg genommen haben d. h. jeder Asteroid muss während eines Umlaufes einmal an den Ort der Katastrophe kommen, oder da müssen die Bahnen sich kreuzen Und in der That liegen die Kreuzungsstellen in einem verhältnissmässig engen Raum, wenn man die Secularstörungen der Asteroiden unter sich und besonders durch den Planeten Jupiter beachtet 2. Die Entfernungen dienen zur Prüfung der Hypothese. Ist unter den Asteroiden einer, dessen grösste Distanz von der Sonne kleiner ist als die kleinste Distanz der übrigen, so ist die Hypothese unzulässig. Ceres als der äusserste Asteroide hat als kleinste Entfernung 2,55 und Flora als der innerste als grösste Entfernung ebenfalls 2,55 Sonnenweiten. Und da die übrigen Asteroiden ihre kleinsten Entfernungen unter und ihre grössten über 2,55 haben, so kommen sie sämmtlich einmal in diese Entfernung von der Sonne d. h. die Katastrophe der Zerstückelung muss in der Entfernung 2,55 vorgefallen sein. Nur Hygiea macht hievon eine Ausnahme, da die kleinste Distanz 2,83 beträgt. Allein Hygiea hat auch sonst so eigenartige Verhältnisse, dass sie vielleicht nicht zu den Asteroiden gehört.

§ 12

Jupiter.

Mit Jupiter beginnt die äussere Planetengruppe, deren Eigenschaften sind: grosses Volumen, rasche Rotation, langsame Revolution, grosse Abplattung, geringe Dichtigkeit und viele Monde.

Jupiter ist nach Venus der schönste Stern des Himmels und ist an seinem gelblichen Lichte leicht erkennbar. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 5,2 Sonnenweiten und die Excentricität seiner Bahn ist 0,048. Die Stärke des Sonnenlichtes ist auf Jupiter etwa 27mal schwächer als auf Erden. In der mittleren Entfernung beträgt der scheinbare Durchmesser des Äquators für uns

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

38,4″ der seiner Achse 35,6″; daraus folgt als wahre Grösse des Äquatordurchmessers 20018 und der Achse 18524 Meilen, also eine Erhebung des Aquators gegen die Pole von 747 Meilen oder eine Abplattung von $^1/_{11}$. Die Grösse Jupiters beträgt 1417 Erdengrössen.

Jupiter durchläuft seine Bahn mit 1,8 Meilen Geschwindigkeit in 11,85 Jahren. Die Achse ist zur Bahnebene unter 86° 54′ daher der Äquator unter 3° 6′ geneigt Auf Jupiter fällt desshalb der Unterschied der Jahreszeiten weg. Eine schmale Zone hat ewigen Sommer, zwei Zonen haben Frühling, und von 40° an gegen den Nord- und Südpol hin herrscht ewiger Winter. Eine Achsendrehung vollendet Jupiter bei der ausserordentlichen Grösse seines Volumens in der kurzen Zeit von 9^h 55,4′, so dass seine Rotationsgeschwindigkeit die der Erde um mehr als 27mal übertrifft. Die Rotationszeit wurde durch Beobachtung zweier Flecken an der Jupiteroberfläche von Mädler und Beer mit grosser Genauigkeit bestimmt.

Aus der bekannten Dichtigkeit der Erde, der Rotationszeit der Erde und des Jupiter kann auf die Dichtigkeit des letztern geschlossen werden. Unter der Voraussetzung durchaus gleicher Dichte Jupiters wäre die Abplattung ungefähr $^1/_{10}$; da sie in Wirklichkeit geringer ist, so nimmt von der Oberfläche nach dem Centrum hin die Dichtigkeit wie bei der Erde zu. Sie beträgt im Mittel nicht ganz $^1/_4$ der Erdendichtigkeit und kann an der Jupiteroberfläche nicht grösser als 0,237 der Erdendichtigkeit sein, so dass die Stoffe daselbst spezifisch viel leichter als Wasser sind. Daraus folgt, dass Jupiter an seiner Oberfläche unmöglich von grossen Wassermassen wie die Erde bedeckt ist.

Auf dem gelblichen Lichte des Planeten zeigen sich immer graue Streifen, die dem Aequator parallel laufen. Am gewöhnlichsten sieht man zwei dieser Streifen, zwischen denen der Aequator in einer schmalen hellen Zone liegt, sich um die ganze Kugel herum ziehen. Weiter gegen Norden und Süden zeigen sich oft auch noch solche Streifen, die aber viel matter und schmaler sind und auch nicht um die ganze Kugel herum ziehen. An den Polen geht das gelbe Licht in bleifarbiges Grau über. Die beiden mittleren Streifen verändern oft ihre Breite, ihre Ränder werden uneben und daneben erschienen grosse dunkle Flecken, die viele Jahre lang stehen blieben, bis sie wieder verschwanden. Schröter hat auch Flecken beobachtet, die deutlich eine eigene Bewegung zeigten. Die Streifen erscheinen am Rande des Planeten meist ganz unbestimmt, und die Flecken verschwinden viel eher, als sie an den Rand kommen.

Aus dem Gesagten ergibt sich mit fast sicherer Gewissheit, dass Jupiter mit einer sehr dichten Atmosphäre umhüllt ist. In dieser Atmosphäre bilden sich Zonen und Haufen von Wolken, die wegen der fast unveränderlichen Jahreszeiten Grösse, Gestalt und

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Ort nur wenig ändern. Gegen die Pole hin ist die Atmosphäre wohl nie frei von Wolken. Schröters Beobachtungen scheinen auch darauf hinzudeuten, dass auf Jupiter Stürme herrschen, die hundertmal die stärksten Orkane auf der Erde übertreffen.

Jupiter wird von vier Monden begleitet, die in der Aequatorialebene den Planeten umkreisen. Wegen der Grösse des Planeten und der weiten Entfernung der Sonne werden die ersten drei Monde bei jedem Umlauf verfinstert, und veranlassen auf Jupiter eine Verfinsterung. Da diese Verfinsterungen 8′ 13″ früher oder später eintreten, als die Rechnung angibt, je nachdem Jupiter in Opposition oder Conjuction steht, so constatirte der Däne Olaus Römer 1675, dass das Licht, um den Durchmesser der Erdbahn von 41,3 Mill. Meilen zurück zu legen, 16′ 26″ brauche also eine Geschwindigkeit von 41900 Meilen habe, welche Entdeckung durch die Experimentalphysik genau bestätigt ist.

§ 13.

Saturn.

Dieser Planet ist an seinem matten rötlichen Lichte zu erkennen. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 9,53 Sonnenweiten oder 197 Millionen Meilen, und die Excentricität seiner Bahn ist 0,056. Saturn wird 91 mal schwächer als die Erde von der Sonne beleuchtet. Jn der mittleren Entfernung beträgt der scheinbare Aequatorialdurchmesser des Saturn 17,05″, der Polardurchmesser 15,38″; daher hat der wahre Durchmesser 16300 und die Achse 14700 Meilen. Der Aequator hat demnach gegen die Pole eine Erhebung von 800 Meilen oder $^1/_{10}$ Abplattung.

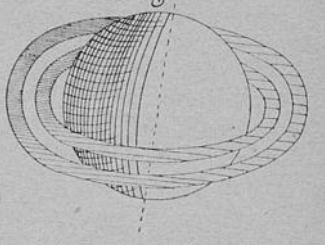
Saturn durchläuft seine Bahn mit 1,3 Meilen Geschwindigkeit in 29,5 Jahren. Die Achse ist zur Bahnebene unter 63° 11′ also der Aequator unter 26° 49′ geneigt. Wegen der bedeutenden Entfernung ist es nur mühsam gelungen, eine Rotation des Planeten wahrzunehmen, bis endlich Herschel und dann auch andere aus der Bewegung von fleckenartigen Gebilden an der Oberfläche auf eine Rotationszeit von 10^h 29′ 17″ schliessen konnten.

Nach Bessels Untersuchungen über die Bahn des sechsten Saturntrabanten hat sich ergeben, dass Saturn etwa 96mal schwerer als die Erde ist; da er aber 740mal grösser ist, so ist seine Dichtigkeit im Mittel ungefähr $^1/_8$ von der der Erde. Homogene Dichtigkeit der ganzen Saturnskugel vorausgesetzt müsste bei der raschen Rotation die Abplattung eine viel grössere sein. Da sie nur $^1/_{10}$ beträgt, so nimmt die Dichtigkeit gegen das Centrum hin zu, so dass die Oberfläche kaum die Dichte des Korkes erreicht, also tief unter der des Wassers steht. Es können also nur spezifisch sehr leichte Körper an der Saturnsoberfläche sich befinden.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

So wie bei Jupiter ziehen auch um Saturn graue Streifen herum, die viele Veränderungen zeigen und wegen der beträchtlichen Entfernung nur sehr schwer zu beobachten sind. Nur einer am Aequator bleibt constant, und an hervor tretenden Flecken dieses Streifens ist auch die Rotationszeit bestimmt worden. Alle diese Streifen fallen wie bei Jupiter gegen den Rand hin matt und undeutlich ab, woraus zu schliessen ist, dass Saturn von einer dichten Dunsthülle umgeben sein muss.

Fig. 9



Die wunderbarste Erscheinung, Fig. 9, die den Saturn von allen bekannten Himmelskörpern unterscheidet, sind die zwei Ringe, die den Planeten, frei in der Aequatorialebene desselben im Weltraum schwebend, umgeben. Der äussere Ring hat eine Breite von 1927 Meilen, der innere von 3733 Meilen, zwischen beiden befindet sich ein leerer Raum von 387 Meilen; die Dicke der Ringe ist von Bessel auf etwa 30 Meilen erkannt worden. Merkwürdig ist auch diess, dass Saturn nicht in der Mitte des inneren Ringes schwebt, sondern nahezu 200 Meilen der voran gehenden Seite sich nähert. Die neuesten Beobachtungen haben nun ergeben, 1. dass der äussere Ring nicht einfach ist, sondern aus mehreren concentrischen, durch leere, rings herum sich erstreckende Zwischenräume getrennten Ringen von ungleicher Breite besteht, 2. dass die Ringe nicht genau in einer Ebene liegen, sondern kleine Neigungen gegen einander und gegen den Aequator des Saturn haben, und 3. dass das gemeinsame Centrum der Ringe mit dem des Saturns nicht zusammenfällt.

Da die Saturnachse 26° 49′ zur Bahnebene geneigt ist, so beleuchtet die Sonne in der einen Hälfte der Bahn also $14^3/_4$ Erdenjahre die nördliche Fläche und in der andern Hälfte $14^3/_4$ Jahre die südliche Fläche der Ringe. Diese werfen einen mehr oder weniger breiten Schatten auf den Saturn, wodurch abwechselnd auf der südlichen und nördlichen Hemisphäre totale Finsternisse entstehen, die durch die leeren Zwischenräume auf kurze Zeit unterbrochen werden. Unter $23^1/_2$° saturnographischer Breite dauert die Verfinsterung nach Abzug der Unterbrechungen immer noch 10 Erdenjahre. Beim Uebergang von einer Seite des Ringes auf die andere beleuchtet die Sonne dessen Kante, zu welcher Zeit der Ring für uns nicht sichtbar ist.

Es wurden Zweifel laut, ob das ganze Ringsystem nicht etwa blosse Dunstmassen sind. Das ist aber ganz gewiss nicht der Fall, da Bessel nachgewiesen, dass die Ringe auf die Saturntrabanten sehr erhebliche Anziehung üben, was bei Dünsten nicht vorkommt.

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

Laplace hat auch theoretisch und Herschel durch direkte Beobachtung eine Rotation der Ringe nachgewiesen, welche mit der Saturns nahezu zusammen trifft also $10^1/_2$ Stunden beträgt.

Saturn wird von acht Monden begleitet, welche in der Ebene der Ringe sich bewegen. Der erste vollendet in 22 Stunden, der achte in $79^1/_3$ Tagen einen Umlauf; mit Ausnahme des siebenten und achten erfahren und bewirken sie bei jedem Umlauf eine Verfinsterung. Der siebente Mond hat die Eigentümlichkeit, dass er für uns manchmal verschwindet. Zur Erklärung dieser Thatsache nimmt man an, dass dieser Satellit auf einer Seite sehr ungleiches Terrain und tiefe Schluchten habe, die wenig Licht reflektieren ähnlich den grauen Flecken bei unserm Monde. Wendet er diese Seite der Erde zu, so ist er uns unsichtbar.

§ 14.

Uranus.

Dieser Planet ist teleskopisch und erscheint als eine düster beleuchtete Scheibe. Seine mittlere Entfernung von der Sonne beträgt 19,18 Sonnenweiten oder $397^1/_2$ Millionen Meilen. Die Excentricität seiner Bahn ist 0,046. Uranus wird 366 mal schwächer als die Erde erleuchtet und wohl auch erwärmt, ein so unbedeutender Grad der Sonnenwärme, dass ihn selbst unsere feinsten Instrumente nicht mehr angeben würden. Sein Abstand von der Erde wechselt zwischen 357 und 435 Millionen Meilen; sein scheinbarer Durchmesser beträgt 3,9″, daher der wahre 7470 Meilen; sein Volumen ist 82 mal so gross als die Erde. Mädler hat durch Beobachtung der grossen und kleinen Achse eine Abplattung von $^1/_{10,28}$ gefunden.

Uranus vollendet einen Umlauf um die Sonne in 84 Erdenjahren mit einer Geschwindigkeit von 0,94 Meilen. Ob der Planet auch eine Rotation hat, ist noch nicht direkt bestimmt, da sich bis jetzt fleckenartige Gebilde an der Oberfläche nicht erkennen liessen. Will man annehmen, dass wie bei Jupiter und Saturn die Rotations- und Bahngeschwindigkeit gleich seien, so ergäbe sich eine Rotationsdauer von 7 Stunden 36,5 Minuten.

Den Uranus begleiten sechs Monde, und das Merkwürdige in diesem System ist diess, dass die Lage der Bahnen beinahe senkrecht auf der Ebene der Uranusbahn steht. Bei allen uns bekannten Planeten bewegen sich die Trabanten nahezu in der Ebene des Aequators um den Hauptplaneten, so dass man auch bei den Uranusmonden dasselbe vermuthen muss. Dadurch kommen die Pole in die Bahnebene, und der Aequator steht beinahe senkrecht auf der Bahn. Die Sonne wandert von Pol zu Pol, und jeder Punkt der Uranusoberfläche hat während eines Uranusjahres die Sonne einmal

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf

im Scheitel. Jeder Pol hat einen Tag von 42 Erdenjahren und eine ebenso lange Nacht. Für jeden unter der Breite φ auf Uranus liegenden Punkt beträgt die Dauer des längsten Tages $^{42}/_{90}\ \varphi$ Erdenjahre. Steht die Sonne über einen Pol, so stehen die Monde in der Quadratur; scheint aber die Sonne senkrecht auf den Aequator, so müssen gegenseitige Verfinsterungen des Planeten und der Monde eintreten.

§ 15.

Neptun.

Dieser teleskopische Stern, der früher stets als ein äusserst lichtschwacher Fixstern angesehen wurde, erscheint als eine bleiche Scheibe, wie es wegen der grossen Entfernung von der Sonne nicht anders sein kann Leverrier in Paris kam durch die Störungen, welche die Uranusbahn zeigte, auf den Gedanken, dass ausserhalb Uranus noch ein Planet sich befinden müsse, und bestimmte auch sogleich rechnerisch den Ort und die wahrscheinliche Grösse des gesuchten Planeten. Er sandte seine Arbeit an Galle in Berlin, und dieser fand noch am selben Abend 23. September 1846 den neuen Planeten.

Der mittlere Abstand Neptuns von der Sonne beträgt 30,03 Sonnenweiten oder 621 Millionen Meilen. Die Excentricität seiner Bahn ist 0,0088; seine Entfernung von der Erde wechselt zwischen 595 und 648 Millionen Meilen. Das Sonnenlicht ist auf Neptun 900 mal schwächer als auf Erden. Der scheinbare Durchmesser ist 2,6″, woraus der wahre auf 7830 Meilen und sein Kubikinhalt auf das 94,5 fache des Erdvolumens sich berechnet. Neptun vollendet einen Umlauf um die Sonne in 164,6 Erdenjahren mit einer Geschwindigkeit von 0,76 Meilen. Will man auch bei diesem Planeten wie bei den äusseren Planeten überhaupt die Rotations- und Revolutionsgeschwindigkeit gleich setzen, so muss Neptun eine Rotationsdauer von $8^h\ 52'\ 26''$ haben. Ueber alle weitern Verhältnisse des Planeten ist direkt noch nichts bestimmt; auch über seine zwei wahrgenommenen Trabanten ist Genaues noch nicht bekannt

---

4. Abschnitt.

§ 1.

Die Kometen.

Ausser den Planeten finden sich im System unserer Sonne noch andere räthselhafte Körper, nämlich die Kometen, welche durch ihr unerwartetes Erscheinen, durch ihre rasche Bewegung und in der Regel durch einen glänzenden, von der Sonne abgekehrten Licht-

Universitäts- und
Landesbibliothek Düsseldorf